This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

JAN 28 1907

Main Lib.
Physiol. lab.

Main Lib.

M. 1. —

Die Sinnesorgane

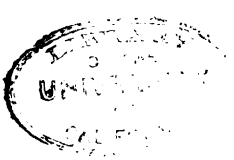
der

Pflanzen

Ein Vortrag

von

G. Haberlandt



LEIPZIG
Verlag von Johann Ambrosius Barth
1904

QK771
H29
BIOLOGY
LIBRARY
G

Main Lib.
Physiol. Lab.

gift of

CROCKER

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig.

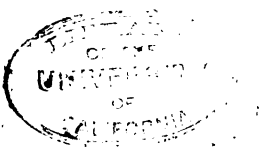
Dem Andenken

Charles Darwins

Vorwort.

Den nachfolgenden Vortrag habe ich in der zweiten allgemeinen Sitzung der 76. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Breslau am 23. September 1904 gehalten. Wenn auch die Untersuchungen, worüber ich sprach, noch lange nicht abgeschlossen sind, so schien mir doch der Zeitpunkt nicht verfrüht, einem größeren Hörer- und Leserkreise darzulegen, was die Forschung zutage fördert, wenn Anatomie und Physiologie vereint die so mannigfaltigen Reizerscheinungen im Pflanzenreiche ergründen.

G. H.



Betrachtungen über die Unterschiede zwischen Tier- und Pflanzenreich haben seit jeher einen Maßstab zur Beurteilung der Forschritte geliefert, welche auf dem gemeinsamen Felde botanischer und zoologischer Forschung im Laufe der Zeiten gemacht worden sind. Viele Jahrhunderte lang betrachtete es die Naturforschung als eine selbstverständliche Aufgabe, die aristotelische Grenzmauer zwischen Tier- und Pflanzenreich immer mehr zu verstärken und zu erhöhen. Erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts tauchte die Frage auf, ob der hartnäckige logische Zwang, der den Systematiker immer wieder veranlaßt, die größten systematischen Einheiten paarweise anzuordnen, die unendliche Mannigfaltigkeit der Natur auch richtig zum Ausdruck bringe. Bald wurden kräftige Zweifel laut, und die früher so sorgfältig gehütete Grenzmauer zwischen beiden Reichen organischen Lebens verfiel allmählich und wurde an manchen Stellen gänzlich niedergerissen. Auf ihren Trümmern pflanzte die allgemeine Biologie ihre Fahne auf,

und statt nach den Unterschieden sucht man heutzutage nach den gemeinsamen Merkmalen in der Organisation und im Leben der Tiere und Pflanzen.

Mit der Entdeckung des zelligen Aufbaues des Tier- und Pflanzenkörpers war der erste große Schritt getan, um die Gemeinsamkeit der Organisation in beiden Reichen festzustellen. Das Entscheidende war dabei die Erkenntnis, daß die Zelle nicht nur als Formelement sondern auch als Elementarorgan und Elementarorganismus in beiden Reichen dieselben Grundeigenschaften besitze. Das lebende Protoplasma, mag es nun tierischen oder pflanzlichen Ursprungs sein, birgt alle die großen Lebensrätsel in sich, um deren Lösung wir uns mit wechselndem Glück, doch immer erklärungsfreudig bemühen.

Das Wesen der lebenden Substanz wird durch keine Grundeigenschaft so scharf gekennzeichnet, wie durch die Reizbarkeit. Nicht nur das tierische, auch das pflanzliche Protoplasma ist zur Aufnahme verschiedenartiger äußerer Reize mit spezifisch verschiedenen Reizbarkeiten ausgerüstet. Wenn die Sinnpflanze bei unsanfter Berührung ihre Blattstiele senkt und die Fiederblättchen zusammenklappt, wenn ein einseitig beleuchteter Stengel sich gegen die Lichtquelle krümmt, oder wenn eine schwärmende Bakterie auf ein Fleichstückchen zusteuert, so haben wir es mit Reizbewegungen zu

tun, die ganz analog sind jenen, die auch im Lebensgetriebe der Tiere eine so buntschillernde Rolle spielen. Die Reizbarkeiten der Tiere hat man seit altersher als ihr Empfindungsvermögen, die Aufnahme gewisser äußerer Reize als Sinneswahrnehmungen bezeichnet. Nichts kann uns hindern, nachdem die prinzipielle Übereinstimmung der Reizbewegungen im Tier- und Pflanzenreiche sicher erkannt ist, auch den Pflanzen ein Empfindungsvermögen und Sinneswahrnehmungen zuzuschreiben.[1]) Schon Gustav Theodor Fechner hat dies vorahnend ausgesprochen. In seinem 1848 erschienen Werke „Nanna, oder das Seelenleben der Pflanzen", worin sich die zartesten Phantasien des Märchenerzählers wie blühende Zweige um ein streng wissenschaftliches Gedankengerüste ranken, — in diesem merkwürdigen Buche schreibt Fechner den Pflanzen „ein reich entwickeltes Sinnesleben" zu, und in den letzten Dezennien haben Pflanzenphysiologen mit klangvollen Namen gewisse Empfindlichkeiten der Pflanzen mit den Sinnen der Tiere verglichen oder direkt als solche bezeichnet.[2])

Wenn nun die Pflanzen den Tieren gleich mit Sinnesfähigkeiten begabt sind, so taucht sofort die weitere Frage auf, ob sie auch Sinnesorgane besitzen, ob sie zur Aufnahme bestimmter äußerer Reize, sowie die Tiere mit eigenen Perzeptionsorganen ausgerüstet sind? Es leuchtet ein, daß

die Antwort auf diese Frage für das Verständnis des Wesens pflanzlicher Organisation und pflanzlichen Lebens von großer Tragweite ist. Nun muß es sich zeigen, ob das geflügelte Wort Franz Ungers, der einst von der „Tierwerdung der Pflanze" sprach, in einem gewissen Sinne doch zu Recht besteht.

Die Pflanzenphysiologie feiert in diesem Jahre das Jubiläum einer wichtigen Entdeckung. Hundert Jahre sind nämlich verstrichen, seit zum erstenmal an einer hochentwickelten Pflanze Sinnesorgane im strengsten Sinne des Wortes beobachtet worden sind. Im Jahre 1804 entdeckte Sydenham Edwards die Sensibilität der sechs kleinen Borsten[3]) auf der Oberseite des Blattes der Venusfliegenfalle, der Dionaea muscipula. Dieses insektivore Pflänzchen ist nächst der Mimosa pudica wohl das merkwürdigste pflanzenphysiologische Geschenk, das wir der neuen Welt verdanken. Auf jeder der beiden Blatthälften, die am Rande mit derben kräftigen Zähnen versehen sind, sitzen drei aufrechte Fühlborsten und zahlreiche runde Verdauungsdrüsen. Kriecht ein Insekt über die Blattfläche und berührt es eine der Borsten, so klappen die Blatthälften rasch zusammen, das Insekt ist festgeklemmt, die Zähne des Randes greifen fest ineinander und machen jeden Fluchtversuch unmöglich. Das Insekt wird getötet, verdaut und

langsam öffnet sich wieder das Blatt, von neuem auf Beute lauernd. — Man möchte nun meinen, daß die Entdeckung der Empfindlichkeit jener sechs Borsten des Dionaeablattes für die Weiterentwicklung der Pflanzenphysiologie alsbald von größter Bedeutung hätte werden müssen. Davon war aber keine Rede, die Überraschung war zu groß und deßhalb unverständlich. Der Tatsachenschatz der Botanik war um ein wunderliches Kuriosum reicher geworden, das war alles. Es ist gewiß eine für die historische Entwicklung der Wissenschaft sehr bezeichnende Tatsache, daß im Verlauf der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts nicht weniger als fünf Forscher unabhängig voneinander die Sensibilität der Dionaea-Fühlborsten entdeckt haben: Sydenham Edwards 1804, Nuttal 1818, Curtis 1834, Lindley 1848 und endlich Oudemans 1859. Die Verfasser botanischer Lehr- und Handbücher hüteten sich, diese unbequeme Tatsache zu berücksichtigen. Und wenn sie davon Notiz nahmen, so geschah es meist von dem nicht unberechtigten Gesichtspunkte aus, den Schleiden in seinen „Grundzügen der wissenschaftlichen Botanik“ mit der ihm eigenen rücksichtslosen Bestimmtheit gekennzeichnet hat: „Für den Naturforscher muß diese Pflanze[4]) und ihre Verwandten zur Zeit noch ein Markstein sein, welcher ihm die Grenze seines Wissens anzeigt, und eine Warnungstafel, nicht das

Gebiet mit Träumereien zu bevölkern, welches durch seine ernste Tätigkeit erst genauer zu erforschen ist".

In der Tat mußten im Entwicklungsgange der Pflanzenphysiologie vorerst drei wichtige Etappen erreicht werden, bevor die Entdeckung Sydenham Edwards' zum Ausgangspunkte für planmäßige Forschungen über die Sinnesorgane der Pflanzen werden konnte. Vor allem waren die alten Begriffe des Reizes und der Reizbarkeit, die seit dem Aufblühen der physikalisch-chemischen Richtung der Pflanzenphysiologie geradezu in Verruf geraten und schließlich ganz vergessen waren, von neuem aufzugreifen; es mußte ihnen der Schleier des Mystischen genommen und ein scharfes, wissenschaftliches Gepräge erteilt werden. Es ist das große Verdienst von Pfeffer[5]), diese Neuprägung vorgenommen zu haben: die Reizvorgänge sind Auslösungsvorgänge; der Reiz ist nur die Veranlassung, daß im Organismus schlummernde Betriebskräfte wirksam werden und Reaktionen zur Folge haben, deren Verlauf und Endergebnis durch die jeweiligen Organisationsverhältnisse bestimmt werden.

Die zweite Voraussetzung für eine erfolgreiche Forschung nach pflanzlichen Sinnesorganen war die Erkenntnis, daß so wie im tierischen auch im pflanzlichen Organismus die Orte der Reizaufnahme

und der Reizreaktion voneinander räumlich getrennt sein können. So wie die Motte mit ihren Augen den Lichtreiz aufnimmt und mit den Flügeln der Flamme zueilt, so nimmt auch das junge Haferpflänzchen mit der Spitze der Keimblattscheide die Richtung wahr, in der die Lichtstrahlen einfallen, worauf dann in einer tiefer gelegenen Zone die heliotropische Krümmung erfolgt. Die Entdeckung dieser wichtigen Tatsache ist eines der vielen Einzelverdienste, die sich Charles Darwin als Pflanzenphysiologe erworben hat[6]). Darwin war es auch, der als erster den allerdings noch nicht ganz einwandsfreien Nachweis führte, daß eine horizontal gelegte Wurzel den Schwerkraftreiz in ihrer Spitze wahrnimmt, während die geotropische Krümmung in einer dahintergelegenen Zone vor sich geht. Das gleiche gilt für den Hydrotropismus der Wurzeln, für die durch Berührungsreize veranlaßte Einkrümmung der Tentakel des Sonnentaus und noch in so manchen anderen Fällen.

Die räumliche Trennung von Reizaufnahme und Reizreaktion setzt selbstverständlich die Möglichkeit einer Reizfortpflanzung voraus. Es ist ein eigentümlicher Zufall, man kann es nicht anders nennen, daß gerade bei jener Pflanze, bei der die Reizleitung am sinnfälligsten vor sich geht und demnach zuerst bekannt wurde, der Leitungsprozeß ein rein physikalischer Vorgang ist: hydrostatische Druckschwan-

kungen in einem eigenen Röhrensystem vermitteln bei der Mimosa pudica die Übertragung von Stoß- und Wundreizen zu nahen und fernen Bewegungsorganen[7]). — In der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle beruht aber auch im Pflanzenkörper die Reizleitung auf der Ausbreitung rätselhafter Erregungszustände im lebenden Protoplasma. Solange man noch der Ansicht war, daß die festen Zellmembranen der pflanzlichen Zellen die benachbarten Plasmakörper voneinander vollständig trennen, hing die Annahme einer plasmatischen Reizleitung von Zelle zu Zelle vollständig in der Luft. Es war daher eine im vollsten Sinne des Wortes bahnbrechende Entdeckung, als Eduard Tangl[8]) als erster die zarten Plasmafäden nachwies, die die Wände durchquerend, benachbarte Plasmakörper miteinander in unmittelbare Verbindung setzen. Nun war das Vorhandensein kontinuierlicher Bahnen festgestellt, und der Vergleich der verbindenden Plasmafäden mit tierischen Nervenfasern ließ nicht mehr lange auf sich warten.

So war nunmehr der Boden vorbereitet, auf dem die Forschung nach pflanzlichen Sinnesorganen sicheren Fuß fassen konnte, ohne sich dem Vorwurfe auszusetzen, phantastischen Analogien nachzujagen. Aber noch immer verhielt sich die Pflanzenphysiologie im ganzen und großen zurückhaltend. Man erinnerte sich zwar wieder der längst entdeckten

Fühlborsten der Dionaea muscipula und einiger ähnlicher Sonderbarkeiten, doch sollten dieselben als seltene Ausnahmen nur die allgemein herrschende Regel bestätigen, wonach für die Pflanzen im Gegensatze zur Tierwelt eine „diffuse“ Ausbreitung der Empfindlichkeit charakteristisch wäre. Die Lokalisierung der Empfindlichkeit auf bestimmte Stellen von besonderem anatomischen Bau, oder mit anderen Worten, das allgemeine Vorkommen spezifischer Sinnesorgane wurde nach wie vor als ein besonderes Attribut des tierischen Organismus betrachtet. Noch stand also ein stattlicher Turm der alten Grenzmauer aufrecht. War auch die aristotelisch-linnéische Begriffsbestimmung von Tier und Pflanze in rein physiologischer Hinsicht bereits ein überwundener Standpunkt, ein anatomisch-histologischer Rest jener alten Definitionen war doch zurückgeblieben. —

Dies war der Stand der Frage, als ich vor einer Reihe von Jahren daranging, mich anhaltend und systematisch mit den Sinnesorganen der Pflanzen zu beschäftigen. Ich ging dabei von dem Gedanken aus, „daß so wie bei den höheren Tieren die fortschreitende Arbeitsteilung zur Entstehung immer komplizierterer Sinnesorgane geführt hat, auch bei den höheren Pflanzen mit den gesteigerten und differenzierten Ansprüchen an das Vermögen der Reizaufnahme das Bedürfnis nach Ausbildung entsprechend gebauter besonderer Sinnesorgane ver-

bunden war.“ Die physiologische Pflanzenanatomie lehrt auf hundertfältige Weise, wie weit auch im Bau des pflanzlichen Organismus die Arbeitsteilung vorgeschritten ist, in wie vollkommener Weise Bau und Funktion übereinstimmen, wie zweckmäßig, um mich teleologisch auszudrücken, jedes Laubblatt, jede Wurzel, ja jedes mit einer bestimmten Funktion betraute Haargebilde in allen Einzelheiten konstruiert ist. Wäre es nicht sehr sonderbar, wenn die Pflanze nur hinsichtlich der so wichtigen und allgemein verbreiteten Funktion der Reizperzeption eine Ausnahme machen würde? Ist es wahrscheinlich, daß das so allgemein giltige Prinzip der Arbeitsteilung[9]) vor dieser Funktion Halt gemacht hat?

Bevor ich es nun versuche, die Sinnesorgane der Pflanzen in allgemeinen Zügen zu schildern, wollen wir uns vorerst noch daran erinnern, daß die Perzeption des Reizes eine Funktion des lebenden, sensiblen Protoplasmas ist. Indem der äußere Reiz die physikalische oder chemische Struktur des empfindlichen Plasmas verändert, kommt das erste Glied der physiologischen Reizkette zustande, deren letztes Glied, die Reizreaktion, sehr oft eine Reizbewegung ist. Die durch den Reiz bewirkte Änderung in der Beschaffenheit des sensiblen Plasmas, sein Reiz- oder Erregungszustand, ist das Wichtigste, das eigentlich Entscheidende beim Vorgang der Reizaufnahme. Doch wissen wir nicht und werden

es niemals beobachten können, was beispielsweise in der reizbaren Plasmahaut einer Fühlborste oder Fühlpapille vor sich geht, wenn sie durch Zug oder Druck mechanisch gereizt, d. h. deformiert wird. Was für feinste Plasmastrukturen dabei zusammenstürzen, welche neue Konfigurationen des molekularen Baues sich einstellen, das wird uns wohl immer ein Rätsel bleiben; — in diese Fernen des Mikrokosmos dringt kein menschliches Auge, möge das Mikroskop auch noch so vollkommen werden.

Der Erforscher der Sinnesorgane muß also von vornherein mit einer gewissen Resignation an seine Aufgabe treten. Die Erkenntnis des Wichtigsten, Interessantesten ist ihm versagt, allein es ist ihm doch manches aufzudecken gegönnt, was höchst beachtenswert ist. Es kann für den eigentlichen Vorgang der Reizaufnahme, für seine Sicherheit und Genauigkeit nicht gleichgiltig sein, wie der Reiz das sensible Plasma trifft. Damit die Reizperzeption dem Organismus einen biologischen Vorteil bringen könne, muß der Reiz gewissermaßen erst zu einem Verständigungsmittel gemacht werden, durch das die Außenwelt zum Organismus spricht und diesen nunmehr veranlaßt, alles vorzukehren, was zur Erhaltung und Förderung seiner Lebensfunktionen nötig ist. Die wichtige Aufgabe nun, die Angriffsweise der Reize auf die sensiblen Teile des Protoplasmas in vorteilhafter Weise zu bestimmen und

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

zu regeln, ist die Funktion jener histologischen und anatomischen Einrichtungen der Sinnesorgane, die allein der unmittelbaren Beobachtung zugänglich und erforschbar sind. Alle unsere Bemühungen, in den Zusammenhang zwischen Bau und Funktion der Sinnesorgane einzudringen, müssen sich auf diese die eigentliche Reizung des Plasmas bloß vorbereitenden und begünstigenden Einrichtungen und Aktionen beschränken. Das ist wenig und viel zugleich. Wenig, weil es den innersten Kern der Frage unberührt läßt, viel, weil es die unerschöpfliche Mannigfaltigkeit der Mittel aufdeckt, die dem Organismus zugebote stehen, um sich die Kräfte der Außenwelt auch in der Form von auslösenden Reizen dienstbar zu machen. —

Der erste Teil meiner Aufgabe bestand darin, Bau, Funktion und Verbreitung jener Sinnesorgane der Pflanzen zu studieren, die zur Perzeption von mechanischen Reizen im engeren Sinne des Wortes dienen und demnach den Tastorganen der Tiere vergleichbar sind[10]). Bei vielen Pflanzen werden durch Stoß, Reibung oder Berührung vorteilhafte Bewegungen ausgelöst, die oft so rasch verlaufen, daß Du Bois-Reymond einst im Hinblick darauf die grüne, chlorophyllführende Pflanze geradezu als ein „Tier mit hochentwickelten Reduktionsorganen“ bezeichnet hat. Um gleich an die bekannteste dieser „Sinnpflanzen,“ an die Mimosa pudica anzuknüpfen,

so ist es sehr wahrscheinlich, daß die so auffallenden Reizbewegungen ihrer Blätter u. a. auch ein Schutzmittel gegen aufkriechende Insekten darstellen, die durch die rasch sich senkenden Blattstiele abgeworfen oder verjagt werden. Es war mir stets ein vom Reiz des Geheimnisvollen umwobener Anblick, wenn ich auf Zeylon oder auf Java, inmitten eines niederen Mimosengebüsches sitzend und zeichnend, ganz plötzlich hier und da in dem reglosen Blattgewirr ein einzelnes Blatt sich senken sah, scheinbar ganz unmotiviert, tatsächlich aber von einem Insekt gereizt, das eine der am Bewegungsgelenk befindlichen Fühlborsten berührt und verbogen hatte. Man kann sich leicht auch durch den Versuch davon überzeugen, daß bei genügender Reizbarkeit der Pflanze schon eine leise Berührung der Borsten mit einer Nadelspitze genügt, um die Reizbewegung auszulösen. In vollkommenster Ausbildung lassen sich diese Fühlborsten gewissermaßen mit einer Korkpresse vergleichen. An der Basis der schräg aufsitzenden, steifen, dickwandigen Borste, die als Hebel fungiert, befindet sich in dem Winkel zwischen Gelenkoberfläche und Borste ein sensibles Gewebepolster, das stark zusammengepreßt wird, wenn man den steifen Hebelarm nur etwas niederdrückt. Nach ganz demselben Prinzip gebaute Fühlborsten habe ich auch bei einer anderen Sinnpflanze, dem Biophytum sensitivum beobachtet. Da die Mimosa eine aus Süd-

amerika stammende Leguminose, das Biophytum eine im tropischen Asien heimische Oxalidee ist, so geht daraus besonders deutlich hervor, wie trotz räumlicher und verwandschaftlicher Entfernung die Anpassung an gleiche Bedürfnisse höchst gleichartig gebaute Sinnesorgane hervorzubringen vermochte.

Ein anderes, gleichfalls sehr zweckmäßig konstruiertes Modell tritt uns in den Fühlborsten der beiden insektenfressenden Pflanzen Dionaea muscipula und Aldrovandia vesiculosa entgegen. Schon Oudemans hat gefunden, daß am Fuß der steifen Borsten des Dionaeablattes eine auffallende Einschnürung vorhanden ist, und spätere Untersuchungen haben gezeigt, daß an dieser wie ein Gelenk fungierenden Einschnürungsstelle kranzförmig angeordnet die plasmareichen Sinneszellen liegen. Bei jeder Berührung des steifen Borstenstückes, das als Hebelarm dient, werden die Sinneszellen stark deformiert; namentlich sind es die den Zellwänden anliegenden Plasmahäute, die eine starke Dehnung und Pressung erfahren. Auch die von Ferdinand Cohn[11]) vor dreißig Jahren in dieser Stadt entdeckten Fühlborsten der Aldrovandia, einer kleinen insektivoren Wasserpflanze, gehören diesem Typus an: zwischen den beiden steifen Abschnitten der Borste ist das kurze, weiche, sehr biegsame Gelenk eingeschaltet, das aus den Sinneszellen besteht. Wird eine solche Borste gebogen, so er-

scheint sie demnach nicht gleichmäßig gekrümmt, sondern an der allein sensiblen Gelenkstelle scharf eingeknickt; die Deformierung der Sinneszellen ist demnach eine sehr große.

Wir können den eben besprochenen Fällen bereits entnehmen, worin das allgemeinste Bauprinzip der Sinnesorgane für mechanische Reize besteht: stets handelt es sich darum, durch geeignete anatomische Einrichtungen die zur Reizung erforderliche plötzliche Deformierung des empfindlichen Plasmas zu begünstigen und einen möglichst großen Teil der Gesamtintensität des Stoßes gegen die reizempfindlichen Orte der Sinneszellen zu lenken. Reizkonzentration ist kurz gesagt der Sinn aller der Hilfseinrichtungen, die im Bau der Sinnesorgane zur Perzeption mechanischer Reize beobachtet werden.

Zu den empfindlichsten Organen der Pflanzen gehören die Ranken, die durch Berührung mit festen Körpern veranlaßt werden, sich um sie herumzuwickeln und derart die Pflanze an geeigneten Stützen gleichsam anzubinden. Besonders empfindliche Ranken können schon durch Berührung mit einem Baumwoll- oder Seidenfädchen, das nicht mehr als 0,0002 Milligramm wiegt, mit Erfolg gereizt werden, während die menschliche Haut an den empfindlichsten Stellen erst durch den sanften Aufschlag von 0,002 Milligramm eine Tastempfindung vermittelt. Wenn auch diese Maße nicht

direkt vergleichbar sind, so geht daraus doch hervor, wie sehr die Tastempfindlichkeit der Rankenepidermis jener der menschlichen Haut überlegen sein kann. Es hängt dies teilweise damit zusammen, daß die sensiblen Plasmahäute der Epidermiszellen in der Regel nur von sehr dünnen Zellulosehäuten bekleidet werden, durch die sich die deformierende Wirkung eines lokalen Druckes mit großer Leichtigkeit fortpflanzt. An den Ranken der Kürbisfrüchtler, deren Sinnesepithel relativ dickere Außenwände besitzt, hat Pfeffer[12]) besondere Fühl- oder Tasttüpfel entdeckt, d. s. winzig kleine, schüsselförmige Membranvertiefungen, die von entsprechend gestalteten Fortsätzen des reizbaren Plasmas ausgefüllt sind. Es ist sehr wahrscheinlich, daß an diesen exponiertesten Stellen der Sinneszellen die Reizaufnahme erfolgt. Ebenso ist von mir gezeigt worden, daß die für mechanische Reize so überaus empfindlichen Drüsenköpfchen der Sonnentau-Arten Fühltüpfel besitzen; jede sensible Zelle weist einen ganzen Kranz von winzigkleinen Plasmazäpfchen auf, die in die Außenwand hineinragen.

Sehr mannigfach sind die durch mechanische Reize ausgelösten Bewegungen verschiedener Blütenorgane, besonders der Staubblätter. In der freien Natur werden diese meist raschen Bewegungen durch Insekten ausgelöst, welche die Blüten als Vermittler der Fremdbestäubung besuchen. Fast

immer lassen sich nun, wie ich gefunden habe, an den betreffenden Blütenorganen auch Sinnesorgane nachweisen, und zwar stets an jenen Stellen, die von den nach Honig und Pollen fahndenden Insekten am sichersten berührt oder gestreift werden. Zweizellige Fühlhaare an den Staubfäden der Centaurea-Arten, kleine und äußerst dünnwandige Fühlpapillen an den Staubblättern von Portulaca und Opuntia sowie an den Antennen der Catasetumblüte, große derbe Papillen mit einer dünnwandigen basalen Gelenkzone behufs Lokalisierung des Reizes an den Staubblättern von Berberis und noch verschiedene andere Einrichtungen lassen erkennen, daß die Fähigkeit zur Ausbildung solcher Sinnesorgane in den verschiedensten Pflanzenfamilien schlummerte und im Laufe der phylogenetischen Entwicklung geweckt worden ist; freilich nur dann, wenn das Bedürfnis dazu vorhanden war. Es ist deshalb kein Argument gegen die Wichtigkeit aller dieser Einzelfälle für die allgemeine Pflanzenphysiologie, wenn hervorgehoben wird, daß bei der überwiegenden Mehrzahl der Pflanzen besondere Sinnesorgane für mechanische Reize augenscheinlich nicht vorhanden sind. Denn nicht nur die abstrakte Durchschnittspflanze interessiert den Forscher. Nicht sie allein liefert den Maßstab für die Beurteilung der Leistungs- und Anpassungsfähigkeit des pflanzlichen Organismus. Sinnesorgane für Stoß- und

Berührungsreize sind im Pflanzenreiche nicht deshalb relativ selten, weil nur wenige Pflanzen die Disposition zur Ausbildung solcher Organe im Laufe der phylogenetischen Umgestaltung in sich trugen; der Grund dafür liegt vielmehr darin, daß bei verhältnismäßig nur wenigen Pflanzen das biologische Bedürfnis nach Beantwortung mechanischer Reize durch relativ rasche Bewegungen vorhanden ist. Wo sich aber dieses Bedürfnis eingestellt hat, da stellten sich auch fast immer zur prompten und sicheren Auslösung der Reizbewegungen Sinnesorgane ein. Die Fähigkeit sie auszubilden ist demnach eine allgemeine Eigenschaft des Pflanzenreiches. —

Eines der wichtigsten Lebensbedürfnisse der Pflanzen ist es, sich im Raume zu orientieren, um ihren einzelnen Organen eine zweckentsprechende Lage erteilen zu können. Das wichtigste Mittel zu dieser Orientierung im Raume ist das Vermögen, die Richtung, in der die Schwerkraft wirkt, wahrzunehmen und dann die betreffenden Organe entsprechend einzustellen. Bekanntlich wird diese wichtige Fähigkeit des Pflanzenkörpers als Geotropismus bezeichnet: die vertikal abwärts wachsenden Hauptwurzeln der höher entwickelten Pflanzen sind positiv geotropisch, die vertikal aufwärts wachsenden Hauptsprosse negativ geotropisch. Daß diese lotrechte Wachstumsrichtung tatsächlich durch die

Schwerkraft bedingt wird, hat zuerst Knight vor nahezu hundert Jahren (1806) durch seinen berühmten Rotationsversuch bewiesen. Es ist das eines der interessantesten Beispiele einer indirekten und doch schlagenden Beweisführung. Indem Knight seine Versuchspflanzen, besonders keimende Samen, an einem in der Vertikalebene rasch rotierenden Rade befestigte, erzielte er zweierlei für die Pflanze ganz neue Verhältnisse: erstens wurde durch die Rotation um eine horizontale Achse jede einseitige Schwerewirkung ausgeschaltet, und zweitens wurden die Pflanzen der Wirkung der Zentrifugalkraft ausgesetzt, die gleich der Schwerkraft den Körpern eine Massenbeschleunigung erteilt. Das Resultat des Versuches war, daß die Wurzeln nach außen, die Stengel nach innen wuchsen, daß sie also in ihrer Wachstumsrichtung von der Zentrifugalkraft in analoger Weise beeinflußt wurden wie sonst von der Schwerkraft. Wenn aber Fliehkraft und Schwerkraft in ihrer Wirkung einander ersetzen können, so folgt daraus unabweislich, daß die lotrechte Wachstumsrichtung der Stengel und Wurzeln eine Wirkung der Schwerkraft ist.

Die Rotationsversuche von Knight lehren aber zugleich, wie die Schwerkraft auf die für sie empfindlichen Pflanzenorgane wirkt. Sie kann nur durch Massenbeschleunigung, durch eine Gewichtswirkung zur Geltung kommen und das sensible

Plasma reizen. Wie wird nun diese Gewichtswirkung ausgeübt? Nahezu ein volles Jahrhundert mußte verstreichen, bis diese Frage in der von mir und Bohumil Němec begründeten Statolithentheorie des pflanzlichen Geotropismus ihre Beantwortung fand[18]). Die Art und Weise, wie wir beide, ungefähr gleichzeitig und unabhängig voneinander, zur Aufstellung dieser Theorie gedrängt wurden, ist ein bemerkenswertes Beispiel für die von Ernst Mach so geistvoll erfaßte Bedeutung der „Ähnlichkeit und Analogie als Leitmotiv der Forschung". Sie ist zugleich ein Beispiel, wie verschlungen bisweilen die Wege sind, die die Entwickelung der Wissenschaft einschlägt.

Es sind jetzt genau dreißig Jahre her, daß von Ernst Mach und kurz darauf auch von Breuer die Hypothese aufgestellt worden ist, wonach der Sacculus des Vorhofs, beziehungsweise die Otolithenmasse der Macula acustica das Organ zur Empfindung der Lage sei. Schon damals hat Breuer auch die Vermutung geäußert, daß die sogenannten Gehörorgane der niederen Tiere mit ihren Otolithen vor allem Organe zur Wahrnehmung der Bewegung und Lageveränderung darstellen. Diese Vermutung wurde dann später durch die Untersuchungen von Cyon, Chun, Delage, Engelmann, Verworn und Kreidl weiter ausgeführt und experimentell bestätigt; der Name Otolith und Otozyste wurde fallen gelassen,

und nach dem Vorschlag Verworns nunmehr von Statolithen und Statozysten gesprochen. Der Druck der Statolithen auf die sensiblen Teile der Statozysten vermittelt die Wahrnehmung der Richtung, in der die Schwerkraft wirkt, und ermöglicht so eine Orientierungsbewegung, wenn das Tier seine stabile Gleichgewichtslage verloren hat. Es war nun ein naheliegender Gedanke, daß in analoger Weise auch seitens der Pflanze die Perzeption des Schwerkraftreizes, die Wahrnehmung der Schwerkraftrichtung vor sich gehe. Noll[14]) war der erste, der diesen Gedanken bestimmt ausgesprochen hat; allein er unterließ es nachzuforschen, ob die geahnte Analogie im anatomischen Bau der Pflanzen auch tatsächlich realisiert ist. Hier setzten nun meine und Němec' Arbeiten ein. Wir haben gezeigt, daß die einzelne Statozyste, bei den höher entwickelten Pflanzen wenigstens, aus einer einzelnen Zelle besteht, in der eine Anzahl beweglicher Stärkekörner, die passiv dem Zuge der Schwere folgen, den Statolithen entsprechen. Die wandständigen Plasmahäute[15]) der Statozyste sind für den Druck der auf ihnen lagernden Stärkekörner in verschiedenem Grade empfindlich, und diese Empfindlichkeit ist so abgestimmt, daß in der geotropischen Gleichgewichtslage der Druck der Stärkekörner auf die physikalisch unteren Plasmahäute nicht empfunden oder wenigstens nicht mit einer Reizbewegung be-

antwortet wird. Bringt man jedoch das Organ aus seiner Gleichgewichtslage heraus, wird z. B. ein aufrechter Stengel, eine abwärts wachsende Wurzel horizontal gelegt, so sinken die Stärkekörner auf die nunmehr nach unten gekehrten Plasmahäute hinüber, und der dadurch ausgeübte neue und ungewohnte Reiz löst eine geotropische Krümmung aus, die das Organ in die Gleichgewichtslage zurückführt.

Die Zellen mit den sensiblen Plasmahäuten und den umlagerungsfähigen Stärkekörnern sind demnach die Sinneszellen für den Schwerkraftreiz[16]). Sie treten in der Wurzel gewöhnlich an der Spitze auf, im axilen Teil der Wurzelhaube, wo sie zu einem vielzelligen Sinnesorgan vereinigt sind. In den Stengeln und Blattstielen bilden sie meist einen einschichtigen Hohlzylinder, die sog. Stärkescheide, zuweilen auch kleinere Zellgruppen und Zellenzüge von scharfer Begrenzung und Differenzierung. Auch hier muß demnach von geotropischen Sinnesorganen gesprochen werden.

Die Beweisgründe für die Richtigkeit der Statolithentheorie des pflanzlichen Geotropismus sind teils vergleichend-anatomischer, teils experimenteller Natur. Die Statozysten fehlen keinem geotropisch krümmungsfähigen Organe. Stengel und Wurzeln, die nicht geotropisch sind, wie die Zweige der Mistel, die Haftwurzeln des Epheu besitzen auch

keine Statolithenstärke. Pflanzen, die sonst in keinem ihrer Gewebe Stärke ablagern, wie viele Liliaceen, besitzen wohlausgebildete Statolithenstärke in Wurzelhauben und Stärkescheiden. Die Blumen- und Staubblätter mancher Pflanzen, die sich durch geotropische Krümmungsfähigkeit auszeichnen, besitzen ausnahmslos Statozysten, während sie eben denselben Blütenorganen verwandter Pflanzen, die nicht geotropisch sind, fehlen. Das können doch unmöglich lauter zufällige und bedeutungslose Koinzidenzen sein! — Was dann die experimentellen Beweise betrifft, so hat bereits Darwin gefunden und Czapek bestätigt, daß es die Wurzelspitze ist, die den Schwerkraftreiz wahrnimmt. Wurzeln mit abgeschnittener Spitze sind nicht imstande, sich geotropisch zu krümmen. Wie Němec gezeigt hat, kehrt das Perzeptionsvermögen erst nach etwa zwei Tagen wieder, wenn in dem Kallus, der inzwischen gebildet wurde, bewegliche Stärke auftritt. Von mir ist gezeigt worden, daß die Stengel verschiedener Pflanzen, die nach anhaltend niederen Temperaturen von 2—8° C. ihren Stärkegehalt gänzlich verloren haben, in's warme Laboratorium gebracht, solange unfähig sind, die Schwerkraftrichtung wahrzunehmen, als in ihren Sinnesorganen, den Stärkescheiden, die Statolithenstärke fehlt. Erst nach ihrer Wiederbildung treten die geotropischen Krümmungen ein. — Auch den Weg der indirekten

Beweisführung habe ich eingeschlagen. Wenn es tatsächlich der Druck der in die Plasmahäute langsam einsinkenden Stärkekörner ist, der als Reiz empfunden wird, so muß eine Beschleunigung der Reizperzeption eintreten, wenn die Deformation des Plasmas von seiten der Stärkekörner durch wiederholte Stöße beschleunigt wird. Tatsächlich führen in horizontaler Lage geschüttelte Stengel und Wurzeln schon nach viel kürzerer Induktionsdauer geotropische Krümmungen aus, als bei ruhiger Aufstellung[17]). Die Statolithentheorie ließ den Erfolg der stoßweisen Reizung voraussagen. Jede Theorie aber, die richtig zu prophezeien vermag, darf den Anspruch erheben, als eine befriedigende Zusammenfassung des derzeit bekannten Tatsachenmaterials zu gelten. —

Ich gehe nunmehr zu den Sinnesorganen der Pflanzen für Lichtreize über. Bei zahlreichen niederen Pflanzenformen, z. B. den Englenaceen, verschiedenen Peridineen, und bei den Schwärmsporen der meisten Algen ist der schon seit langem bekannte rote „Augenfleck“ aller Wahrscheinlichkeit nach das Organ der Lichtwahrnehmung. Nach den experimentellen Untersuchungen Theodor Engelmanns[18]) ist es aber nicht der Augenfleck selbst, der das Licht perzipiert, sondern das ihm angelagerte farblose Plasma. Der pigmentierte Augenfleck hätte mithin nur die Bedeutung eines Hilfsapparates. Am nächsten liegt es anzunehmen, daß er gleich den

„Pigmentbechern“ tierischer Augen als Lichtschirm fungiert, der die lichtperzipierende Plasmapartie vor allseitiger Belichtung schützt und so die Wahrnehmung der Richtung des einfallenden Lichtes erleichtert.

Bei den höher entwickelten Pflanzen ist schon von Darwin die Spitze der Keimblattscheide verschiedener Gräser als ein Lichtperzeptionsorgan erkannt worden; doch ist sie nur Sinnesorgan im rein physiologischen Sinne des Wortes; bestimmte histologische Einrichtungen, welche die Lichtperzeption vorbereiten oder begünstigen würden, lassen sich hier nicht nachweisen. Anders steht nun die Sache bei den Laubblättern vieler Pflanzen. Es ist schon seit langem bekannt, daß sich die grünen Laubblattspreiten mit ihren Flächen meist senkrecht zur Richtung des einfallenden Lichtes einstellen, und zwar, wie Wiesner[19]) gezeigt hat, des stärksten diffusen Lichtes. In dieser „fixen Lichtlage“ sind die „euphotometrischen“ Blätter am besten beleuchtet, die Assimilation wird am meisten begünstigt. Die Blattspreite gelangt in der Regel durch entsprechende Krümmungen oder Drehungen ihres Bewegungsorganes, des Blattstieles, in die günstige Lichtstellung, und nichts liegt nun näher, als anzunehmen, daß die Spreite dabei auf den Stiel einen dirigierenden Einfluß ausübe: wird das Blatt aus seiner heliotropischen Gleichgewichtslage herausgebracht, wandelt

sich also der senkrechte Lichteinfall in einen schrägen um, dann empfindet die Spreite den veränderten Lichteinfall und veranlaßt den Stiel, sich so lange entsprechend zu krümmen oder zu drehen, bis das Licht wieder senkrecht einfällt, die fixe Lichtlage wieder erreicht ist. Wenige Annahmen sind in der Pflanzenphysiologie von vornherein einem so günstigen Vorurteil begegnet wie diese. Schon Dutrochet, Hanstein u. a. haben sie ausgesprochen, erst Vöchting[20]) aber hat sie experimentell begründet. Aus seinen mit Malva verticillata angestellten Versuchen ging klar hervor, daß trotz der selbständigen heliotropischen Krümmungsfähigkeit des Blattstieles die Spreite an der endgültigen Erreichung der fixen Lichtlage mitbeteiligt ist. Nach meinen Versuchen zeigen die Blätter zahlreicher Pflanzen ein solches Verhalten: der Blattstiel vermittelt auf Grund seiner eigenen Lichtempfindlichkeit gewissermaßen die grobe Einstellung in die günstige Lichtlage; die feine Einstellung dagegen erfolgt unter dem Einfluß der Spreite. Bei manchen Pflanzen ist der Blattstiel nicht oder fast gar nicht heliotropisch, er gehorcht ebenso blind der Blattspreite wie der Hals dem Kopf eines Vogels, der aus dem Dunkeln ins Helle späht[21]).

Die Laubblattspreiten zahlreicher Pflanzen, vor allem der Schattenpflanzen, besitzen also ein feines Wahrnehmungs- und Unterscheidungsvermögen für

die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen. Es frägt sich jetzt wieder, ob dieses Perzeptionsvermögen gleichmäßig in den Geweben des Blattes verbreitet ist, oder ob eine Lokalisierung desselben auf bestimmte Zellen, Zellkomplexe oder Gewebearten stattgefunden hat. Indem ich mir diese Frage stellte[22]), war auch schon die Richtung angegeben, in der sich die weitere Untersuchung zu bewegen hatte. Ist es wahrscheinlich, daß in dem unter der farblosen Epidermis der Blattoberseite gelegenen grünen Assimilationsgewebe die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen perzipiert wird? Die Antwort kann nur verneinend lauten, denn im Innern des Blattes tritt infolge der unausbleiblichen Reflexionen, Brechungen und Absorptionen eine weitgehende Zerstreuung und Schwächung des Lichtes ein. Eine bestimmte Lichtrichtung kann nicht mehr wahrgenommen werden, weil sie eben nicht mehr vorhanden ist. Und wenn dies selbst der Fall wäre, so würde die weitgehende Schwächung der Intensität des Lichtes die Perzeption erschweren, ja vollständig unmöglich machen. Denn vom Chlorophyllfarbstoff werden gerade jene Lichtstrahlen fast vollständig absorbiert und ausgelöscht, die die stärkste heliotropische Reizung bewirken, das sind die stärker brechbaren blauen und violetten Strahlen. Im Innern des grünen Blattgewebes herrscht also in dieser Hinsicht Dunkelheit, be-

sonders bei typischen Schattenpflanzen, die aber gerade durch ein sehr feines Lichtperzeptionsvermögen ausgezeichnet sind. — Andererseits liegt nicht der geringste Grund zu der Annahme vor, daß die Lichtwahrnehmung vielleicht im Gefäßbündelnetz, im Leitungssystem des Blattes erfolgen könnte.

So weist nun alles darauf hin, daß es die obere Epidermis der Blattspreite ist, die die Richtung des einfallenden Lichtes perzipiert. Tatsächlich lassen sich in ihrem histologischen Bau verschiedene Einrichtungen nachweisen, die von diesem Gesichtspunkte aus sofort verständlich werden. Die obere Epidermis der Laubblattspreite besteht in der Regel aus einer einzigen Lage farbloser Zellen. Ein dünner durchsichtiger Plasmabelag bekleidet die Wände und schließt den klaren Zellsaft ein. Die Außenwände der Zellen, die an die Atmosphäre grenzen, sind in den meisten Fällen mehr oder minder vorgewölbt, die Innenwände dagegen eben. So gleicht jede einzelne Epidermiszelle einer plankonvexen Linse. Daß sie tatsächlich als Sammellinse fungiert, läßt sich sowohl durch die Konstruktion des Strahlenganges wie durch die unmittelbare Beobachtung mit Hilfe des Mikroskops, natürlich auch auf photographischem Wege, erweisen. Die senkrecht zur Blattfläche, parallel zur optischen Achse der Linsen einfallenden Strahlen werden dank der

papillösen Vorwölbung der Außenwände so gebrochen, daß die konvergierenden Lichtstrahlen die Mitte der Innenwand am stärksten beleuchten, wogegen eine mehr oder minder breite Randzone dunkel bleibt.

Die weiteren Folgerungen über die Art der Lichtperzeption ergeben sich nun von selbst. Wir haben uns die den Innenwänden der Epidermiszellen anliegenden Plasmahäute als lichtempfindlich vorzustellen; sie sind dabei derart auf hohe und niedrige Lichtintensität abgestimmt, daß heliotropisches Gleichgewicht herrscht, wenn das Mittelfeld stark, die Randzone schwach beleuchtet wird. Sobald nun das Licht nicht senkrecht sondern schräg auf die Blattfläche einfällt, so tritt in der Intensitätsverteilung des Lichtes natürlich eine Verschiebung ein: Das helle Mittelfeld rückt von der Lichtquelle weg zur Seite, die dunkle Randzone wird einerseits breiter, andererseits schmäler. Diese veränderte, ungewohnte Intensitätsverteilung wird nun als Reiz empfunden, der die entsprechende heliotropische Bewegung im Blattstiel oder Gelenkpolster auslöst[28].

Nach dieser Auffassung fungiert also die obere Epidermis des dorsiventralen, euphotometrischen Laubblattes als ein lichtperzipierendes Sinnesepithel. Gleich einem einzigen ausgedehnten Facettenauge bedeckt sie die Oberseite des Blattes.

Jede Zelle ist Linse und Sinneszelle zugleich; und die die Innenwände der Zellen bekleidenden Plasmahäute, die für den Lichtreiz empfindlich sind, stellen in ihrer Gesamtheit, physiologisch gesprochen, die Retina vor.

Bei dem soeben besprochenen häufigsten Typus der lichtperzipierenden Oberhaut wird der optische Apparat durch Vorwölbung der Außenwände hergestellt. Als lichtbrechendes Medium fungiert der klare, durchsichtige Zellsaft, dessen Brechungsvermögen gewöhnlich annähernd das des Wassers ist. Bei manchen Pflanzen wird aber die Sammellinse durch eine bikonvexe Verdickung des mittleren Teiles der Außenwand gebildet; das starke Lichtbrechungsvermögen dieser in die Außenwände gleichsam eingesetzten kleinen Sammellinsen beruht auf starker Kutinisierung, zuweilen auch auf Verkieselung. Wie ausgezeichnet diese kleinen Linsen wirken, davon kann man sich leicht wieder durch die unmittelbare Beobachtung überzeugen. Hell leuchtend und scharf begrenzt hebt sich im mikroskopischen Bilde das kleine Mittelfeld von der viel schwächer beleuchteten Randzone ab, und schon bei geringer Abweichung vom senkrechten Lichteinfall rückt dieser helle Fleck auf die Seite und zeigt dem Blatte ganz genau an, woher das Licht nun einfällt[24]).

Fragen wir nach den Beweisen für die Funktion

der oberen Blattepidermis als lichtperzipierendes Sinnesorgan, so ist der Gang der Beweisführung der Hauptsache nach schon in dem bisher Mitgeteilten enthalten. Einerseits läßt sich durch die histologische Beobachtung und den physikalischen Versuch zeigen, daß die Epidermis einen in optischer Hinsicht vortrefflich konstruierten Apparat zur Wahrnehmung des einfallenden Lichtes darstellt. Andererseits läßt sich eben so sicher dartun, daß die optischen Voraussetzungen für die Perzeption der Lichtrichtung in den subepidermalen Blattgeweben höchst ungünstige sind. Aus der Gegenüberstellung dieser beiden Tatsachen ergibt sich mit logischer Konsequenz die Anerkennung der Epidermis als Sinnesorgan der Lichtperzeption. Dieser Gang der Beweisführung wird in der Physiologie der Gewebe oft genug eingeschlagen. So ist z. B. die Entdeckung des mechanischen Gewebesystems der Pflanzen durch Schwendener auf Grund eines analogen Beweisverfahrens erfolgt.[25])

In der großen Mehrzahl der Fälle sind alle Zellen der oberen Blattepidermis gleichmäßig an der Lichtperzeption beteiligt. In manchen Fällen aber hat eine Arbeitsteilung stattgefunden. Bei der in Peru einheimischen Acanthacee Fittonia Verschaffelti bilden die kleinen nicht papillösen Epidermiszellen der Blattoberseite ein Maschenwerk. Jede Masche wird von einer großen, im Grundriß kreis-

runden Zelle ausgefüllt, die kuppelförmig emporragt. Am Scheitel sitzt ihr eine zweite sehr kleine Zelle auf; sie hat die Gestalt einer bikonvexen Linse und besitzt einen vollkommen klaren, stark lichtbrechenden Inhalt. Das Experiment lehrt, daß diese Zelle als Sammellinse fungiert, während die untere Zelle mit ihrer ebenen Innenwand in erster Linie die Sinneszelle darstellt. Auch bei Impatiens Mariannae habe ich derartiges beobachtet. Die Ähnlichkeit dieser zweizelligen Lichtperzeptionsorgane mit einfach gebauten „Richtungsaugen" bei niederen Tieren ist nicht zu verkennen. Will man sie gleichfalls als Richtungsaugen, Ozellen, Photierorgane, oder mit sonst einem Ausdruck bezeichnen, der der vergleichenden Anatomie und Physiologie der Tiere entnommen ist, so wird dagegen nicht viel einzuwenden sein. Wichtiger aber als die Namensgebung ist die Tatsache, daß auch auf dem Gebiete der Lichtwahrnehmung die Pflanzenwelt im wesentlichen über die gleichen Mittel verfügt wie die Tierwelt.

Ob im Pflanzenreiche auch Sinnesorgane für chemische Reize, den Geschmacks- und Geruchsorganen der Tiere vergleichbar, vorkommen, muß dahingestellt bleiben. Ebenso ist es ganz ungewiß, ob es auch Pflanzen gibt, die Sinnesorgane für Wärmereize besitzen. Einstweilen genügt die Tatsache der großen Verbreitung von Sinnesorganen

für mechanische Reize, für den Schwerkraft- und Lichtreiz, um bestimmt behaupten zu können, daß auf dem Gebiete der Reizwahrnehmung ein prinzipieller Unterschied zwischen Tier- und Pflanzenreich nicht existiert, weder in physiologischer noch auch in anatomischer Hinsicht. Ja wenn wir uns vor Augen halten, wie weitgehend die Analogie der Konstruktionsprinzipien ist, nach denen im Tier- und Pflanzenreich die Sinnesorgane gebaut sind, so wird uns auch klar, daß auf keinem Gebiete des anatomischen und histologischen Aufbaus die Ähnlichkeit zwischen Tier und Pflanze so groß ist wie auf dem Gebiete der Sinnesorgane. Wir dürfen daraus auch folgern, daß die geheimnisvollen intraplasmatischen Vorgänge bei der Reizaufnahme in beiden Reichen organischen Lebens der Hauptsache nach dieselben sind.

So ist dasjenige, was Tier- und Pflanzenreich am tiefgreifendsten zu trennen schien, dank hundertjähriger Forscherarbeit zu einer weitspannenden Brücke geworden, die beide Reiche verbindet.

Anmerkungen.

[1]) Zu pag. 9. Wenn in diesem Vortrage von „Empfindungsvermögen" gesprochen wird, so ist damit natürlich nur eine rein physiologische Befähigung gemeint. Ebenso verstehen wir hier unter „Sinneswahrnehmung" nur einen physiologischen Vorgang. Ob und inwieweit demselben auch ein psychischer Parallelvorgang entspricht, kommt für uns nicht in Betracht und entzieht sich auch der objektiven Beurteilung.

[2]) Zu pag. 9. Vgl. Fr. Noll, Das Sinnesleben der Pflanzen. Vortrag, gehalten bei dem Jahresfeste der Senckenbergischen Naturf. Gesellsch. zu Frankfurt a. M. 1896.

[3]) Zu pag. 10. Die Fühlborsten des Dionaea-Blattes sind bereits von Ellis beobachtet worden, der die Pflanze zuerst beschrieben und benannt hat. (Beschreibung der Dionaea muscipula usw., Schreiben an Linné, übersetzt von J. Ch. Schreber. II. Aufl. Erlangen 1780.) Ellis hielt sie aber für „Stacheln", die die Versuche des eingeklemmten Insektes, sich zu befreien, vereiteln sollten. Erst Sydenham Edwards (Curtis Botanical Magazine, Vol. XX, 1804, p. 785) erkannte ihre Empfindlichkeit für Stoßreize: „The small spines, mentioned and figured by Ellis, are the only irritable points."

[4]) Zu pag. 11. Schleiden hatte mit dieser Bemerkung zunächst die Mimosa pudica im Auge.

[5]) Zu pag. 12. Vgl. W. Pfeffer, Die Reizbarkeit der Pflanzen. Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte, 1893.

[6]) Zu pag. 13. Ch. und Fr. Darwin, Das Bewegungsvermögen der Pflanzen, übersetzt von V. Carus. Vgl. auch Wl. Rothert, Über Heliotropismus, Beiträge zur Biologie der Pflanzen, herausgegeb. von F. Cohn, Bd. VII, 1894.

[7]) Zu pag. 14. Vgl. G. Haberlandt, Das reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze. Leipzig, 1890.

[8]) Zu pag. 14. Ed. Tangl, Kommunikationen zwischen den Zellen des Endosperms einiger Samen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XII.

[9]) Zu pag. 16. Im Hinblick auf das Prinzip der Arbeitsteilung lassen sich im Verlauf der phylogenetischen Ausbildung der pflanzlichen Sinnesorgane drei Hauptstufen unterscheiden.

Auf der niedersten Stufe der Anpassung beschränken sich die Einrichtungen zur Aufnahme äußerer Reize auf die reizempfängliche Struktur des Protoplasmas. Das Empfindungsvermögen ist eine Eigenschaft aller oder doch zahlreicher lebender Zellen des ganzen Organs, die ihren anatomischen Hauptmerkmalen zufolge anderen Hauptfunktionen dienen. Bestimmte histologische Eigentümlichkeiten, die mit der Reizperzeption zusammenhängen, sind noch nicht nachweisbar. Das ist die sog. „diffuse" Ausbreitung des Perzeptionsvermögens, von der man so lange geglaubt hat, daß sie ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen Tier und Pflanze bilde.

Auf der nächsten Anpassungsstufe findet schon eine Lokalisierung des Perzeptionsvermögens statt. Die Aufnahme äußerer Reize ist einer ganz bestimmten Gewebeart übertragen, deren Hauptfunktion allerdings eine andere ist, deren Nebenfunktion aber, d. i. eben die Reizaufnahme, auch anatomisch zum Ausdruck kommt. Besonders ist es die Epidermis, die schon ihrer Lage nach zur Aufnahme äußerer Reize prädestiniert ist und durch mancherlei histologische Einrichtungen zu erkennen gibt, daß sie neben ihrer Aufgabe als schützendes Hautgewebe häufig auch als ein „Sinnesepithel" fungiert.

Die höchste Stufe der Anpassung endlich ist erreicht, wenn die Lokalisierung des Perzeptionsvermögens soweit geht, daß es ganz bestimmten Zellen, Zellgruppen oder auch Zellteilen als alleinige Aufgabe übertragen ist. Dementsprechend steht auch der anatomische Bau dieser Perzeptionsorgane in erster Linie mit ihrer Funktion in Zusammenhang. Das sind die Sinnesorgane im eigentlichen Sinne des Wortes.

[10]) Zu pag. 18. G. Haberlandt, Sinnesorgane im Pflanzenreich zur Perzeption mechanischer Reize, Leipzig

1901. In diesem Werke habe ich zuerst die allgemeinen Gesichtspunkte festgestellt, die Begriffsbestimmungen vorgenommen und die Untersuchungsmethoden erörtert, die bei Forschungen über pflanzliche Sinnesorgane in Betracht kommen. Auch die ältere Literatur wird in diesem Buch eingehend besprochen.

[11]) Zu pag. 20. Ferd. Cohn, Über die Funktion der Blasen von Aldrovandia und Utricularia. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. I. Bd. 3. Heft, 1874.

[12]) Zu pag. 22. W. Pfeffer, Zur Kenntnis der Kontaktreize. Untersuchungen aus dem Bot. Institut zu Tübingen, I. Bd.

[13]) Zu pag. 26. G. Haberlandt, Über die Perzeption des geotropischen Reizes, Berichte der Deutschen bot. Gesellsch. B. XVIII, 1900. — Über die Statolithenfunktion der Stärkekörner, ebenda, B. XX, 1902. — Zur Statolithentheorie des Geotropismus, Jahrb. f. wissensch. Botanik, B. XXXVIII, 1903. — Physiologische Pflanzenanatomie, III. Aufl. Leipzig, 1904. — B. Němec, Über die Art der Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen, Berichte der Deutsch. bot. Gesellsch., B. XVIII, 1900. — Über die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen, Jahrb. f. wiss. Botanik, B. XXXVI, 1901. — Die Perzeption des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen, Berichte der Deutsch. bot. Gesellsch., B. XX, 1902. — Einiges über den Geotropismus der Wurzeln, Beihefte zum bot. Centralblatt, B. XVII, 1904. — Vgl. auch Francis Darwin, On the Perception of the Force of Gravity by Plants, British Association for the Advancement of Science, Cambridge 1904.

[14]) Zu pag. 27. Fr. Noll, Über heterogene Induktion, Leipzig, 1892. — Das Sinnesleben der Pflanzen, Vortrag gehalten bei dem Jahresfeste der Senkenburgischen Naturforsch. Gesellsch. zu Frankfurt a. M. 1896. — Über Geotropismus, Jahrb. für wissensch. Bot., B. XXXIV, 1900. In dieser letzteren Abhandlung legt Noll das hypothetische Perzeptionsorgan für den Schwerkraftreiz in die ruhende Hautschicht des Protoplasmakörpers hinein und hält es nicht für nötig, daß es sichtbare Dimensionen erreiche.

[15]) Zu pag. 27. Nach der von Fr. Noll begründeten, für die Reizphysiologie sehr fruchtbaren Auffassung haben

wir die ruhende Hautschicht des Protoplasmas, mit der dieselbe an die Zellwand grenzt, als Sitz der Reizempfänglichkeit für Licht und Schwerkraft anzusprechen. Denn das strömende Körnerplasma, dessen Teilchen ihre Orientierung gegenüber der Richtung des Lichtes und der Schwerkraft fortwährend ändern, kann natürlich diese Richtung ebensowenig perzipieren als eine ganze Pflanze, die am „Klinostaten" langsam gedreht wird. Wie dann von mir hinzugefügt wurde, kann auch ein Stoß- oder Berührungsreiz nur von der relativ festen, ruhenden Hautschicht des Protoplasmas wahrgenommen werden; strömendes Körnerplasma, das sich selbst fortwährend deformiert, kann durch Deformierung von außen unmöglich eine Reizung erfahren. — Übrigens ist es natürlich nicht ausgeschlossen, daß auch andere Teile des Protoplasmas, sofern sie nur, so wie die Hautschicht, ihre Lage in der Zelle beibehalten, an der Reizperzeption beteiligt sind. So könnte z. B. in manchen Fällen der Zellkern hierfür in Betracht kommen.

[16]) Zu pag. 28. Bei allen höher entwickelten Pflanzen sind bisher nur Stärkekörner, deren spezifisches Gewicht ca 1,5 beträgt, als Statholithen beobachtet worden. Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß auch andere Körperchen, die spezifisch schwerer (oder auch leichter) sind als das sie umgebende Plasma, z. B. Kalkoxalatkristalle, als Statolithen fungieren können. In den positiv geotropischen Wurzelhaaren von Chara spielen nach Giesenhagen (Berichte der Deutsch. bot. Gesellsch., 1901) höchst wahrscheinlich die sog. „Glanzkörperchen" die Rolle von winzig kleinen Statolithen; ihre chemische Natur ist noch unbekannt. — Die Statholitenapparate der niederen Pflanzen, speziell der Pilze, sind noch nicht untersucht worden.

[17]) Zu pag. 30. Die Ergebnisse meiner Schüttelversuche sind von Francis Darwin auf Grund einer anderen Versuchsmethode im wesentlichen bestätigt worden. Vgl. Fr. Darwin, The Statolith-theory of Geotropism; Proceedings of the R. Society, Vol. 71, 1903. — Wenn es der Druck fester Körperchen auf die sensiblen Plasmahäute ist, der die geotropische Reizung bedingt, wenn also die Schwerkraft durch die Gewichtswirkung der Statolithen eine Deformierung des sensiblen

Plasmas herbeiführt, so gehört der Schwerkraftreiz zu den mechanischen Reizen oder bestimmter gesagt zu den Druck-Stoß- und Berührungsreizen. Dies ist im allgemeinen ganz richtig, es erscheint aber trotzdem geboten, die geotropische Reizung als einen Vorgang sui generis aufzufassen, da sie allen anderen mechanischen Reizformen gegenüber aus zwei Gründen eine Sonderstellung einnimmt. Erstens sind es keine Fremdkörper, welche die Reizung bewirken, sondern eigene Zellbestandteile, und zweitens ist das Empfindungsvermögen der geotropisch sensiblen Plasmahäute ein etwas anderes als jenes der für mechanische Reize empfindlichen Plasmateile. Die letzteren können nur dann mit Erfolg gereizt werden, wenn die Deformierung plötzlich eintritt; bei Mimosa pudica genügt dabei ein einziger Stoß von genügender Intensität, bei den Ranken dagegen sind in der Regel zahlreiche, rasch hintereinanderfolgende, wenn auch sehr schwache Stöße erforderlich. Wie Pfeffer gezeigt hat (Zur Kenntnis der Kontaktreize, Untersuchungen aus dem Bot. Institut zu Tübingen, I. B.) sind demnach sowohl Ranken und Drosera-Tentakel wie auch die Blattstielgelenke von Mimosa pudica gegen statischen oder, genauer gesagt, konstanten Druck sowie gegen eine genügend langsame Drucksteigerung unempfindlich, obgleich dadurch eine sehr beträchtliche Deformierung des sensiblen Plasmas erreicht werden kann. — Anders verhält sich die Sache bei der geotropischen Reizung. Hier genügt zur Reizperzeption das langsame Einsinken der Statolithen in die sensiblen Plasmateile und die dadurch bewirkte langsame Deformierung. Wie ich gezeigt habe, erfolgen die geotropischen Krümmungen auch bei möglichst zitterfreier Aufstellung der Versuchsobjekte, also bei möglichster Vermeidung plötzlicher Stoßwirkungen. Die geotropische Sensibilität beruht also auf einer Empfindlichkeit für statischen resp. konstanten Druck. Daß eine stoßweise Reizung die Deformierung und damit auch die Reizperzeption beschleunigt, steht damit nicht in Widerspruch, sondern ist vielmehr selbstverständlich.

[18]) Zu pag. 30. Th. W. Engelmann, Über Licht- und Farbenperzeption niederster Organismen, Archiv f. d. ges. Physiologie, herausgeg. v. Pflüger, Bd. XXIX, 1882.

[19]) Zu pag. 31. J. Wiesner, Über die Formen der An-

passung des Laubblattes an die Lichtstärke, Biolog. Centralblatt, Bd. XIX, 1899.

[20]) Zu pag. 32. H. Vöchting, Über die Lichtstellung der Laubblätter, Bot. Ztg., 1888.

[21]) Zu pag. 32. Für die Frage, wie die Lichtperzeption von seiten des Laubblattes erfolgt, ist es natürlich ganz gleichgiltig, ob das Einrücken der Blattspreite in die fixe Lichtlage ausschließlich unter dem Einfluß des Lichtes vor sich geht, oder ob dabei auch andere orientierende Ursachen, wie Epinastie und Schwerkraft beteiligt sind. Denn die Wahrnehmung der Lichtrichtung ist unter allen Umständen erforderlich, wenn das Blatt in die günstige Lichtlage einrücken und in dieser verharren soll.

[22]) Zu pag. 33. G. Haberlandt: Die Perzeption des Lichtreizes durch das Laubblatt. Berichte der Deutsch. bot. Gesellsch. Bd. XXII, 1904.

[23]) Zu pag. 35. Nach der im Texte vorgetragenen Auffassung herrscht zwischen der Perzeption des Lichtreizes durch das euphotometrische Laubblatt und der Perzeption des Schwerkraftreizes durch die geotropischen Organe eine sehr bemerkenswerte Analogie. Hier wie dort handelt es sich um eine verschiedene „Reizstimmung" von Plasmahäuten, die den verschiedenen Wandungsteilen der Sinneszellen anliegen. Beim Geotropismus ist es eine Verschiebung der normalen Druckverteilung durch Verlagerung der Statolithen, beim Transversalheliotropismus eine Verschiebung der normalen Intensitätsverteilung des Lichtes durch Änderung des Lichteinfalls, die die entsprechende Reizbewegung zur Folge hat und so die Wiederherstellung der geotropischen, beziehungsweise heliotropischen Gleichgewichtslage herbeiführt.

[24]) Zu pag. 36. Ein im Texte unerwähnt gebliebener, nicht eben häufiger Typus der lichtperzipierenden Epidermis ist dadurch charakterisiert, daß sie eine glatte Oberfläche besitzt; die Außenwände sind nicht papillös vorgewölbt und besitzen auch keine linsenförmigen Verdickungen. Als Sammellinsen können solche Epidermiszellen natürlich nicht fungieren. Dafür sind nun bei solchen Epidermen (z. B. bei Monstera deliciosa, Hedera Helix und verschiedenen anderen Araliaceen) die Innenwände nicht eben, sondern gegen das Assimilations

gewebe zu vorgewölbt, und dadurch kommt nun wieder eine bei senkrechtem und schrägem Lichteinfall verschiedene Verteilung der Beleuchtungsintensität an den einzelnen Wandungsteilen, beziehungsweise den sie bedeckenden Plasmahäuten zustande. Freilich ist dieser Bautypus weniger vollkommen, als der der papillösen Epidermis. Denn bei letzterer werden dank der Linsenfunktion der Epidermiszellen weit größere Unterschiede in der Intensität der Beleuchtung der Innenwände geschaffen, die Reizung ist demnach eine stärkere.

[28]) Zu pag. 37. Die Ergebnisse meiner noch nicht ganz abgeschlossenen Versuche, die durch Ausschaltung der Linsenfunktion der Epidermiszellen auf eine direkte Beweisführung abzielen, werde ich später an anderer Stelle mitteilen.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Gleichzeitig erscheinen:

GAZERT, Dr., Die deutsche Südpolarexpedition. Ein Vortrag. 1904. M. 1.—.

HABERLANDT, Prof. Dr., Sinnesorgane im Pflanzenreich. Ein Vortrag. 1904. M. 1.—.

RHUMBLER, Prof. Dr., Zellenmechanik und Zellenleben. Ein Vortrag. 1904. M. 1.—.

Diese drei Vorträge wurden in den allgemeinen Sitzungen der 76. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Breslau gehalten. Die hochinteressanten Schilderungen über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse in den betreffenden Gebieten werden von allen Gebildeten gern gelesen werden.

Früher sind erschienen:

CLIFFORD, W. K., Von der Natur der Dinge an sich. Aus dem Englischen übersetzt und herausgegeben von Dr. Hans Kleinpeter. Mit einer Einleitung des Herausgebers über Cliffords Leben u. Wirken. [48 S.] 1903. M. 1.20.

Die kleine Broschüre dürfte überall Eingang finden; da Clifford ähnliche Ziele verfolgt wie Ernst Mach in Wien, werden besonders alle Besitzer der Machschen Bücher dem Werkchen Interesse entgegenbringen.

Leipziger Lehrerzeitung: Der Übersetzer hat sich durch die Herausgabe dieser Schrift des großen englischen Mathematikers ein bleibendes Verdienst erworben. Die Abhandlung erschien im Jahre 1874 unter dem Titel „On the nature of things in themselves" in der Zeitschrift Mind. Durch eine ausführliche Einleitung über Cliffords Leben und Arbeiten wird das Verständnis wesentlich erleichtert. Als Hauptpunkt der Cliffordschen Arbeit mag hier angeführt werden die Unterscheidung zwischen Objekt und Ejekt sowie zwischen dem sozialen und dem individuellen Objekt. Die Darlegung dieser beiden Unterschiede sichert Clifford einen hohen Platz in der Geschichte der Erkenntnistheorie.

WIENER, Otto, Die Erweiterung unserer Sinne. Akademische Antrittsvorlesung, gehalten am 19. Mai 1900. Mit Zusätzen und Literaturnachweis. 8°. [43 S.] 1900. M. 1.20.

Der Verfasser erläutert in diesem Aufsatz an zahlreichen Beispielen aus der Physik den Satz, daß sich jedes neue Instrument oder jede Zusammenstellung bekannter Instrumente zu neuem Zwecke vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkte als eine naturgemäße Fortentwickelung und Erweiterung unserer Sinne darstelle.

Beiblätter zu den Annalen der Physik: Die Vorlesung gibt einen Überblick über die Leistungsfähigkeit unserer Sinne und zeigt, wie dieselbe durch physikalische Hilfsmittel erweitert werden kann.

Verlag von Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

HOFMANN, KARL, Die radioaktiven Stoffe nach dem neuesten Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis. 2. vermehrte und verbesserte Auflage. [76 S.] 1904. M. 2.—.

Elektrochemische Zeitschrift: Wenn es der Verfasser unternommen hat, durch vorliegendes Werk die Kenntnisse von den radioaktiven Stoffen und ihren Wirkungen auch in den Kreisen zu verbreiten, die diesem Gebiete bisher fern gestanden, so hat er sich damit sicherlich eine sehr verdienstvolle Aufgabe gestellt. Das Werk enthält einen vollständigen Überblick über unser gesamtes Wissen von den Erscheinungen der Radioaktivität und zwar in kurzer, prägnanter Darstellung.

Gaea: Trotz eines mäßigen Umfanges gibt das Buch die vollständigste allgemein verständliche Darlegung alles dessen, was über das Radium und die damit zusammenhängenden Fragen bis jetzt vorliegt.

RAMSAY, SIR WILLIAM, Einige Betrachtungen über das periodische System der chemischen Elemente. Vortrag, gehalten auf der 75. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Kassel. Gr. 8°. [29 S. mit 1 Abb.] 1903. M. 1.—.

Zeitschrift für phys. Chemie: Wie bekannt, hat Ramsay der großen Zahl seiner fundamentalen Entdeckungen eine höchst unerwartete neue hinzugefügt: die fortdauernde Bildung von Helium aus Radium. Man wird daher mit dem lebhaftesten Interesse in diesem Vortrage das Nähere hierüber sowie über die allgemeinen Betrachtungen entnehmen, welche diese Tatsache bei dem geistvollen englischen Forscher ausgelöst hat.

SODDY, FREDERICK, Die Entwickelung der Materie enthüllt durch die Radioaktivität. Wilde-Vorlesung, gehalten am 23. Februar 1904 in der Literary and Philosophical Society in Manchester. Autorisierte Übersetzung von Prof. G. Siebert. [64 S.] 1904. M. 1.60.

Zeitschrift für Elektrochemie: Die Vorlesung enthält die hochinteressanten Vorstellungen, wie sie sich dem bekannten Arbeitsgenossen Rutherfords und Ramsays aus den wichtigsten Untersuchungen ergeben haben, die wohl bis heute auf dem Gebiete der Radioelemente gemacht worden sind. Die Lektüre des Vortrages wird jedenfalls allseitig Spannung und Anregung geben, und so sei sie jedermann wärmstens empfohlen.

MACH, Dr. ERNST, Professor an der Universität zu Wien, **Populär-wissenschaftliche Vorlesungen.** 3. vermehrte und durchgesehene Auflage. [XII, 403 Seiten mit 60 Abbildungen.] 1903. M. 6.—, geb. M. 6.80.

Naturwissenschaftliche Wochenschrift: Die geistreichen Vorträge des trefflichen Gelehrten gehören zu dem Gediegensten, was die Literatur in diesem Genre besitzt. Sie stehen auf derselben Stufe, wie etwa Helmholtzs Vorträge.

14 DAY USE
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED

Biology Library

This book is due on the last date stamped below, or
on the date to which renewed.
Renewed books are subject to immediate recall.

OCT 18 1962	
OCT 9 1962	

LD 21–50m-12,'61
(C4796s10)476

General Library
University of California
Berkeley

U.C. BERKELEY LIBRARIES
C026302577